

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan.....	iii
Prakata.....	iv
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Lampiran	xviii
Intisari	xix
<i>Abstract</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	8
1.3. Tujuan Penelitian	10
1.4 Keaslian Penelitian.....	10
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Landasan Teori.....	15
2.1.1. Teori Gempa Bumi	15
2.1.1.1 Jenis-jenis Gempa bumi	18
2.1.1.2. Parameter Gempa Bumi	19
2.1.1.2.1 Episenter	19
2.1.1.2.2 Kedalaman Gempa Bumi	19
2.1.1.2.3 Hiposenter	20
2.1.1.2.4 Magnitudo	20

2.1.2 Teori Tsunami	22
2.1.2.1 Terminologi Tsunami.....	22
2.1.2.2 Karakteristik Tsunami.....	26
2.1.3 Wilayah Pesisir	27
2.1.3.1 Definisi Wilayah Pesisir	27
2.1.3.2 Pengelolaan Wilayah Pesisir Berbasis Bencana	28
2.2 Tinjauan Pustaka	30
2.2.1 Relokasi Gempa Bumi.....	30
2.2.2 Celah Kegempaan (Seismic Gap).....	32
2.2.3 Energi Potensial Gempa Bumi	36
2.2.4 Pemodelan Tsunami	38
2.2.5 Mitigasi Bencana Tsunami	41
2.3 Hipotesis.....	45
BAB III METODE PENELITIAN.....	47
3.1 Lokasi Penelitian.....	47
3.2 Data Penelitian	48
3.3 Pengambilan Data	49
3.3.1 Data Pembacaan Fase Gelombang P dan S	49
3.3.2 Data Kejadian Gempa Bumi.....	50
3.3.3 Data Mekanisme Bola Fokal	50
3.3.4 Data Informasi Struktur Bawah Laut (Bathymetri).....	51
3.3.5 Data Citra Google Earth	52
3.3.6 Data Digital Elevation Model (DEM) SRTM	52
3.4 Variabel Penelitian	53
3.5 Alat Penelitian.....	54

3.6 Pengolahan Data.....	55
3.6.1 Relokasi Gempa Bumi.....	55
3.6.2 Perhitungan b-value.....	56
3.6.3 Perhitungan Energi Potensial Gempa Bumi.....	58
3.6.4 Pemodelan Tsunami	58
3.6.5 Analisis Upaya Mitigasi Tsunami sebagai Alternatif Pengeloaan Pesisir Berbasis Bencana	61
3.7. Analisis Data	62
BAB IV DESKRIPSI WILAYAH.....	65
4.1 Kondisi Tektonik Regional Sulawesi dan Maluku	66
4.2 Kondisi Geologi Regional Sulawesi dan Maluku	69
4.2.1 Kondisi Geologi Regional Sulawesi.....	69
4.2.2 Geologi Regional Kepulauan Maluku.....	70
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	73
5.1 Relokasi Gempa Bumi	74
5.1.1 Analisis Relokasi Gempa Bumi	84
5.2 Penentuan Daerah Celah Kegempaan	88
4.2.1 Analisis Daerah Celah Kegempaan.....	92
5.2.1.1 Analisis Spasial Daerah Celah Kegempaan.....	92
5.2.1.2 Analisis Temporal Daerah Celah Kegempaan.....	97
5.3 Perhitungan Energi Potensial Gempa Bumi.....	99
5.3.1 Analisis Energi Potensial Gempa Bumi	101
5.3.1.1 Analisis Energi Potensial Daerah Celah Kegempaan 1 (Laut Sulawesi mencakup utara Sulawesi Tengah, Gorontalo, dan sebagian Sulawesi Utara).....	102

5.3.1.2 Analisis Energi Potensial Daerah Celah Kegempaan 2 (Laut Banda pada Kepulauan Sula, Buru, dan Seram)	104
5.3.1.3 Perbandingan Kondisi Energi Potensial Daerah Celah Kegempaan 1 dan 2	106
5.4 Pemodelan Tsunami	107
5.4.1 Penentuan Bidang Patahan dan Mekanisme Gempa Bumi	108
5.4.2 Hasil Pemodelan Tsunami	109
5.4.3 Analisis Hasil Pemodelan Tsunami	123
5.5 Alternatif Pengelolaan Pesisir Berbasis Bencana Tsunami	133
5.5.1 Upaya Struktur	146
5.5.2 Upaya Nonstruktur	151
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	156
6.1 Kesimpulan	156
6.2 Saran	158
DAFTAR PUSTAKA	160
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kejadian tsunami dan dampaknya di Indonesia sejak tahun 1961 – 2010 (Hajar, 2006 dengan tambahan data data dari berbagai sumber)	7
Tabel 1.2 Perbandingan antara penelitian sebelum dan penelitian ini	12
Tabel 2.1 Hubungan antar magnitudo Budiono dan Ahmad (2013) dalam Shohaya <i>et al.</i> , (2013).....	21
Tabel 2.2 Data kejadian tsunami di Indonesia tahun 1991 – 2012 (Pribadi <i>et al.</i> , 2012).....	24
Tabel 2.3. Perbandingan gelombang tsunami dengan ombak laut biasa (Sumber : disaster.elvini.net/tsunami.cgi)	26
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	53
Tabel 3.2 Pembagian <i>layer</i> kerja aplikasi TUNAMI-N2.....	60
Tabel 4.1 Pembagian provinsi di Sulawesi dan Maluku (www.bps.go.id)	65
Tabel 4.2 Sebaran geologi, variasi, dan jenis tanah menurut gugus pulau di Maluku (Amarullah dan Tobing, 2005).....	71
Tabel 5.1 Data pembacaan fase gempa bumi yang berulang(warna kuning).....	75
Tabel 5.2 Hasil perhitungan energi potensial gempa bumi daerah celah kegempaan 1 (Laut Sulawesi utara Sulawesi Tengah, Gorontalo, dan sebagian Sulawesi Utara)	100
Tabel 5.3 Hasil perhitungan energi potensial gempa bumi daerah celah kegempaan 2 (Laut Banda pada Kepulauan Sula, Buru, dan Seram).....	101

Tabel 5.4 Waktu tiba penjalaran gelombang mencapai pesisir	
masing-masing segmen daerah terdampak tsunami	123
Tabel 5.5 Wilayah administrasi segmen daerah kajian terdampak tsunami	124
Tabel 5.6 Jarak inundasi tsunami tiap segmen.....	128
Tabel 5.7 Status ancaman dan saran bagi Pemda dari BMKG	136
Tabel 5.8 Status risiko berdasarkan hasil pemodelan tsunami.....	137
Tabel 5.9 Alternatif penanganan tata ruang kawasan pesisir rawan	
tsunami berdasarkan tipe kawasan penanganan	151

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kondisi Geotektonik Indonesia (Bock <i>et al.</i> , 2003).....	1
Gambar 1.2. Peta wilayah rawan tsunami (www.bmkg.go.id)	4
Gambar 1.3. Peta Kejadian bencana alam gempa bumi dan tsunami di Indonesia sejak tahun 1976 sampai dengan 2007 (Puspito, 2008 dalam Sukmawati dan Madlazim, 2016)	5
Gambar 1.4 Pembagian zona tsunami di Indonesia (Latief, 2000)	6
Gambar 2.1 Teori arus konveksi pada lempeng tektonik (Ibrahim dan Subardjo, 2004)	16
Gambar 2.2 Hubungan episenter, hiposenter (<i>focus</i>), dan kedalaman (BMKG, 2006)	20
Gambar 2.3 Terminologi Tsunami (disaster.elvini.net/tsunami.cgi)	22
Gambar 2.4 Peta sejarah kejadian gempa bumi tsunami di Indonesia (Pribadi <i>et al.</i> , 2012)	24
Gambar 2.5 Batasan wilayah pesisir pantai berpasir (Santosa, 2015)	28
Gambar 2.6. Ilustrasi dari algoritma metode DD (Waldhauser and Ellsworth, 2000). Gempa i dan j direlokasi bersama terhadap stasiun k dan l	31
Gambar 2.7. a) Posisi awal episenter gempabumi di wilayah Jawa sebelum dilakukan relokasi dan b) Setelah dilakukan relokasi menggunakan metode <i>Double Difference</i> (Sunardi <i>et al.</i> , 2012)	32
Gambar 2.8. Peta variasi spatial nilai-b di wilayah Busur Banda (Ngadmanto, 2010)	35

Gambar 2.9. (a) sebaran tsunami Pada menit ke-0 (b) menit ke-60 (c) menit ke-80 (d) Run-up maksimum (Rusli <i>et al.</i> , 2010)	40
Gambar 2.10. Diagram alir kerangka penelitian	44
Gambar 2.11. Peta sebaran gempa bumi Indonesia (www.bmkg.go.id).....	45
Gambar 3.1 Peta wilayah penelitian (kotak merah)	47
Gambar 3.2 Katalaog pembacaan gelombang P dan S	49
Gambar 3.3 Katalog kejadian gempa bumi USGS.....	50
Gambar 3.4 Daftar gempa bumi dan mekanisme bola fokal kejadian gempa bumi GEOFON	51
Gambar 3.5 Pengambilan data bathymetri melalui laman GEBCO.....	51
Gambar 3.6 Pengambilan data citra Google Earth.....	52
Gambar 3.7 Pengambilan data DEM	53
Gambar 3.8 Perbandingan skala magnitude gempa bumi terhadap bidang patahan sumber tsunami.....	59
Gambar 3.9 lustrasi letak <i>layer</i> pemodelan.....	61
Gambar 3.10 Diagram alir penelitian.....	64
Gambar 4.1 Lempengan triple junction dan tektonik regional Sulawesi dan Maluku (Katili, 1978)	67
Gambar 4.2 Pembagian Mandala Geologi Pulau Sulawesi (Surono, 2013)	70
Gambar 5.1 Peta sebaran gempa bumi di Sulawesi dan Maluku tahun 2009-2015	74
Gambar 5.2 Grafik pembacaan gelombang P dan S pada data awal.....	77
Gambar 5.3 Grafik pembacaan gelombang P dan S pada data hasil seleksi....	77
Gambar 5.4 Lokasi stasiun pencatat kejadian gempa bumi Sulawesi dan Maluku	74

Gambar 5.5 Peta ilustrasi penjalaran gelombang gempa bumi	80
Gambar 5.6 Grafik hubungan waktu tiba gelombang primer dengan selisih waktu tiba gelombang primer dan sekunder	80
Gambar 5.7 Peta kejadian gempa bumi sebelum relokasi (periode tahun 2009-2015).....	82
Gambar 5.8 Peta kejadian gempa bumi setelah relokasi (periode tahun 2009-2015).....	82
Gambar 5.9 Grafik sebaran hiposenter kejadian gempa bumi sebelum relokasi pada irisan A-B (kotak hijau).....	83
Gambar 5.10 Grafik sebaran hiposenter kejadian gempa bumi setelah relokasi pada irisan A-B (kotak hijau).....	84
Gambar 5.11 Perubahan kedalaman (hiposenter) gempa bumi sebelum (kiri) dan setelah dilakukan relokasi (kanan).....	85
Gambar 5.12 Grafik hubungan Tobs dan Tcal(sebelum dan sesudah relokasi)	86
Gambar 5.13 Grafik residual fase gelombang gempa bumi sebelum (kiri) dan setelah relokasi (kanan)	87
Gambar 5.14 Grafik nilai RMS sebelum (kiri) dan setelah relokasi gempa bumi (kanan)	88
Gambar 5.15 Peta sebaran gempa bumi wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900-2015	89
Gambar 5.16 Peta sebaran nilai b wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900-2015	90
Gambar 5.17 Peta sebaran nilai a wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900-2015	91

Gambar 5.18 Peta periode ulang gempa bumi wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900-2015	92
Gambar 5.19 Peta sebaran nilai b wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900 -2015 dan indikasi daerah celah kegempaan (lingkaran merah).	93
Gambar 5.20 Peta sebaran nilai a wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900 -2015 dan indikasi daerah celah kegempaan (lingkaran merah).	95
Gambar 5.21 Peta sebaran gempa bumi wilayah Sulawesi dan Maluku tahun 1900-2015 dan indikasi daerah celah kegempaan (lingkaran kuning).....	96
Gambar 5.22 Periode ulang gempa bumi di daerah Sulawesi dan Maluku tahun 1900-2015 dan indikasi daerah celah kegempaan (lingkaran kuning).....	98
Gambar 5.23 Lokasi celah kegempaan wilayah Sulawesi dan Maluku	99
Gambar 5.24 Mekanisme bola fokal bidang patahan Laut Sulawesi (Muslih <i>et al.</i> , 2012)	108
Gambar 5.25 Bidang patahan pemodelan kejadian gempa bumi di Laut Sulawesi.....	109
Gambar 5.26 Penjalaran gelombang tsunami pada <i>layer 1</i> (a) 0 menit (b) 3 menit (c) 6 menit dan (d) 9 menit (e) 12 menit dan (f) maksimum.....	110
Gambar 5.27 Penjalaran gelombang tsunami pada <i>layer 2</i> (a) 0 menit (b) 3 menit (c) 6 menit dan (d) 9 menit (e) 12 menit dan (f) maksimum.....	111

Gambar 5.28 Penjalaran gelombang tsunami pada layer 3 (a) 0 menit (b) 3 menit (c) 6 menit dan (d) 9 menit (e) 12 menit dan (f) maksimum.....	112
Gambar 5.29 Peta pembagian daerah detail inundasi tsunami.....	113
Gambar 5.30 Peta inundasi maksimum pada segmen 1	114
Gambar 5.31 Inundasi maksimum segmen 1 pada citra google earth.....	114
Gambar 5.32 Peta inundasi maksimum pada segmen 2	115
Gambar 5.33 Inundasi maksimum segmen 2 pada citra google earth.....	115
Gambar 5.34 Peta inundasi maksimum pada segmen 3	116
Gambar 5.35 Inundasi maksimum segmen 3 pada citra google earth.....	116
Gambar 5.36 Peta inundasi maksimum pada segmen 4.....	117
Gambar 5.37 Inundasi maksimum segmen 4 pada citra google earth.....	117
Gambar 5.38 Peta inundasi maksimum pada segmen 5	118
Gambar 5.39 Inundasi maksimum segmen 5 pada citra google earth.....	118
Gambar 5.40 Peta inundasi maksimum pada segmen 6.....	119
Gambar 5.41 Inundasi maksimum segmen 6 pada citra google earth.....	119
Gambar 5.42 Peta inundasi maksimum pada segmen 7	120
Gambar 5.43 Inundasi maksimum segmen 7 pada citra google earth.....	120
Gambar 5.44 Peta inundasi maksimum pada segmen 8.....	121
Gambar 5.45 Inundasi maksimum segmen 8 pada citra google earth.....	122
Gambar 5.46 Peta inundasi maksimum pada segmen 9.....	123
Gambar 5.47 Inundasi maksimum segmen 9 pada citra google earth.....	124
Gambar 5.48 Wilayah administrasi segmen daerah kajian terdampak Tsunami	125

Gambar 5.49 Probabilitas tahunan tsunami di pesisir Indonesia (Horspool <i>et al.</i> , 2014) A. Peringatan tsunami 0.5 meter (<i>tsunami warning</i>) B. Peringatan tsunami 3 meter (<i>major tsunami warning</i>).....	127
Gambar 5.50 Inundasi pada muara sungai segmen 6 Kecamatan Bokat	129
Gambar 5.51 Inundasi pada muara sungai segmen 5 Kecamatan Biau	129
Gambar 5.52 Peta DEM-SRTM wilayah penelitian.....	129
Gambar 5.53 Salah satu daerah pada segmen 4 Kecamatan Biau.....	130
Gambar 5.54 Pemukiman pada segmen 5 Kecamatan Biau	131
Gambar 5.55 Perkebunan pada segmen 2 Kecamatan Lakea	131
Gambar 5.56 Persawahan pada segmen 6 Kecamatan Bokat	132
Gambar 5.57 Hutan bakau segmen 6 Kecamatan Bonubogu.....	132
Gambar 5.58 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Lakea	138
Gambar 5.59 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Karamat	139
Gambar 5.60 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Biau.....	140
Gambar 5.61 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Bokat.....	141
Gambar 5.62 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Bonubogu.....	142
Gambar 5.63 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Gadung.....	143
Gambar 5.64 Peta Potensi Tsunami Kecamatan Paleleh Barat.....	144
Gambar 5.65 Lokasi pemasangan sirine di Indonesia (BMKG)	147
Gambar 5.66 Peta rekomendasi lokasi sirine peringatan tsunami Kecamatan Biau	148
Gambar 5.67 Peta rekomendasi titik evakuasi tsunami Kecamatan Biau	150
Gambar 5.68 Batas sempadan pantai di Kecamatan Biau.....	153

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Stasiun Pencatat Gempa Bumi yang Digunakan

Lampiran 2 Tangkapan Gambar Parameter Program HYPODD

Lampiran 3 Tangkapan Gambar Program ZMAP

Lampiran 4 Tangkapan Gambar Proses Perhitungan Energi Potensial

Lampiran 5 Tangkapan Gambar Parameter Program TUNAMI-N2